

Babür Özçelik
Yardımcı Doçent

Fehmi Erzincanlı
Doçent

Bilgisayar Müh. Bölümü,
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü,
41400 Gebze/KOCAELİ

İlyas Kandemir
Yardımcı Doçent

Enerji Sistemleri Müh.
Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü,
41400 Gebze/KOCAELİ

Kumaşların Kaldırılmasında Kullanılan Robot Ellerin Karşılaştırılması ve Sistemin Tanıtımı

Üst üste konulan onlarca kumaşın otomatik kesme sistemleri ile kesildikten sonra, robot elleri vasıtasıyla tek tek kaldırılıp işlem göreceği yere götürülmesi gerekmektedir. Burada problem, kumaşların yığın üstünden tek tek kaldırılmasında meydana gelmektedir. Bu çalışmada, bir nozul sistemi vasıtasıyla radyal dış akış kullanılarak kumaşların bir yığın üstünden kaldırılmasına yönelik uygulama ile daha önce bu konuda yapılmış değişik kaldırma çalışmaları karşılaştırıldı. Radyal akış ile kaldırılan malzeme yüzeyinde oluşan itme ve çekme kuvvetleri ile oluşan aralığı ifade eden formül açıklandı.

Anahtar Kelimeler: Robot Eli, Kumaşların Tutulması, Robot, Esnek Malzeme.

GİRİŞ

Seri üretimde, parçaların kaldırılmasında ve taşınmasında robotlar kullanılmaktadır. Robot denilince, ilk etapta akla robotun gövdesi ve hareket eden mekanizmalar gelmektedir, fakat esas tutma işleminin gerçekleştiği ve robotun işlem göreceği malzemeyle irtibatını sağlayan robot eli kısmı dikkatten kaçmaktadır. Günümüze kadar gerek rijit, gerekse rijit olmayan çeşitli malzemelerin tutulması ve taşınması için değişik robot elleri geliştirilmiştir ve halen sanayide kullanılmaktadır. Bu geliştirilen ve kullanılan robot ellerinin tasarımında dikkat edilecek ilk şey kaldıracağı cismin fiziksel ve mekanik özellikleridir. Bir robot seçiminde en önemli eleman olan robot eli, iş ve robot arasında mekanik bir arayüzdür ve robotun programlanan tutma fonksiyonlarını yerine getirir [1, 2, 3, 4].

Yapılan literatür taramasında, mekanik parçaların ve kumaşların kaldırılması ile ilgili mevcut robot ellerinin sınıflandırılması, birçok araştırmacı tarafından değişik şekillerde yapılmakla birlikte, içerik olarak bir kaç özel çalışma dışında, hepsi aynı çalışmaları kapsamaktadır. Bu yayınlarda; Tella [5] kıskaç ve çekme (vakum,

magnetik, yapışma vb.), Pham [3, 6] kıskaç, esnek (çok parmaklı yumuşak, lastik ve ayarlanabilen çeneli robot elleri), tek-yüzey robot elleri (mıknatıs, vakum ve yapışma), Karakerezis [7] robot ellerini iğne, kıskaç, kıştırma, ve yapışma, Taylor [8, 9] mekanik yüzey (kıskaç, kıştırma), iğne, yüzey çekme (vakum, yapışkan bant ve permatack, donma) olarak gruplandırmışlardır.

Bu çalışmada, kumaşların kaldırılması için Erzincanlı [10] tarafından prensipleri ortaya konan yeni bir nozul sistemi daha geliştirilerek kumaşları kaldırmak amacıyla uygulamaya konmuş ve matematiksel modellemesi çıkarılmaya çalışılmıştır. Bu nozul sisteminde, nozuldaki çıkan hava kaldırılmak istenen kumaşın yüzeyine belli bir açıyla çarparak radyal olarak atmosfere akmaktadır. Nozuldaki radyal olarak çıkan havanın kaldırılacak malzemenin yüzeyine hızlı çarpması ve dış doğru yüksek hızda akması sonucu, nozul ile kaldırılacak malzeme yüzeyi arasındaki basınç atmosfer basıncının altına düşmekte ve böylece bir vakum kuvveti meydana gelmektedir. Oluşan bu vakum kumaş malzemesinin dokunulmaksızın kaldırılmasını sağlamaktadır.

KUMAŞ KALDIRMADA KULLANILAN ROBOT ELLERİNİN KARŞILAŞTIRILMASI

Kumaşların kaldırılıp taşınmasında çok değişik robot elleri geliştirilmiştir. Tablo 1'de kumaşların kaldırılması için geliştirilmiş sekiz değişik kaldırma robot eli incelenmiştir. Tablo 1 incelendiğinde, radyal nozul sistemi (Dokunmasız kaldırma) kullanılarak geliştirilen robot eli sisteminin diğer sistemlere göre daha az dezavantaja sahip olduğu ve kumaşların kaldırılmasında; ucuz olması, kumaşları tek tek kaldırabilmesi, değişik şekilli kumaşlara

uygulanabilmesi gibi avantajlara sahip olduğu görülebilir.

Tablo 1'deki numaraların anlamları:

- 1- Kumaş doku ve iplik bozulması
- 2- Birden fazla kumaş kaldırma riski
- 3- Kumaşın robot elinden ayrılma zorluğu
- 4- Kumaşın katlanması riski
- 5- Yüksek maliyet
- 6- Kumaş yüzeyinin veya yapısının bozulması
- 7- Nozul (vakum nozulları için) ağzının tıkanması
- 8- Kaldırılan malzemenin yatay yönde kayması

Tablo 1. Kumaş kaldırma yöntemlerinin karşılaştırılması [11]

Dez. No.	1	2	3	4	5	6	7	8
Kumaş Tutma Yön.								
İğne	•	•	•			•		
Vakum		•					•	
Elektrostatik			•	•	•	•		
Bant-yapışma	•		•	•	•	•		
Donma			•		•	•		
Kıskaç		•		•				
Kıştırma		•				•		
Dokunmasız								•

• = İşaretli yerler o sistemin dezavantajını gösterir.

NOZULLARLA KUMAŞLARIN DOKUNMASIZ KALDIRILMASI

İki değişik ölçüde tasarlanmış olan nozulla, iki farklı dokuma kumaşın kaldırılma durumları Şekil 1. ve Şekil 2.'de görülmektedir. Bu çalışmada, üç değişik ölçüde nozul tasarlandı ve üretildi. Bunlar tekli ve dörtlü olarak aynı ebatlı ve aynı cins kumaşların kaldırılmasına uygulandı. Dörtlü Nozul-II olarak adlandırılan nozulların herbirinin ölçüsü, Dörtlü Nozul-I'deki nozullardan % 50 büyük olarak üretildi. Yine tekli Nozul-III (Şekil 3.) olarak adlandırılan nozulun ölçüsü Dörtlü Nozul-II'deki nozulların birinin ölçüsünden % 50 büyük olarak üretildi. Burada amaç nozul ölçü ve sayılarının artırılmasının kumaşların kaldırılmasına etkisini gözlemektir. Kumaş olarak da değişik fiziksel ve mekanik özelliklere sahip (Tablo 2.) beş değişik dokuma kumaş kullanıldı. Kumaşlar, nozul ölçüleri dikkate alınarak 90 x 90 mm² ölçülerinde hazırlanmıştır. Bu kumaşlar, birden fazla sayıda üst üste konulmuş ve yığın üstünden tek tek kaldırma çalışması yapılmıştır. Bu çalışmada, 1 ve 2 no'lu olarak adlandırılan kumaşların kaldırılması ile ilgili

örnek uygulamalar (Şekil 1., Şekil 2., ve Şekil 3.) gösterilmiştir.

Şekiller incelendiğinde, nozul yüzeyi ve kumaş yüzeyi arasındaki boşluk görülmektedir. Özellikle Şekil 3.'de bu aralığı daha net bir şekilde görmek mümkündür.

Tablo 2.'de özellikleri verilen 5 değişik dokuma kumaşın dört nozuldan oluşan bir sistemle kaldırılmasında oluşan aralık-basınçlı hava ilişkisi sonuçları Şekil 6.'da bir grafikte gösterilmiştir.

RADYAL AKIŞ OLAYININ TEORİK ANALİZİ

İki paralel disk arasındaki laminar akış karakteristikleri, birçok araştırmacı tarafından araştırılmıştır. Diskler arasındaki akış, diskler arası aralığa ve akışkan debisine bağlı olarak laminar veya türbülanslı olabilir [12].

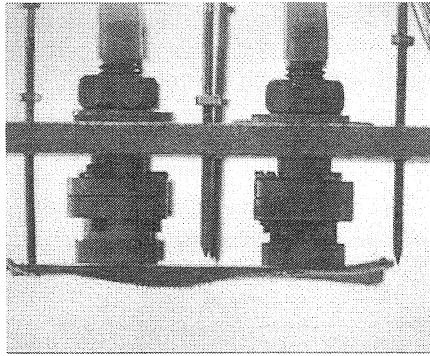
Nozuldan gönderilen hava hızlı bir şekilde kaldırılacak malzemeye çarptıktan sonra, yanlara doğru malzeme yüzeyini yalayarak dağılırken, nozul ve kaldırılacak malzeme arasında bir vakum kuvveti oluşur [13]. Bu aralıkta vakum oluşması, aralıktaki basınç değerinin atmosfer basınç değerinin altında olmasından dolayıdır.

Hava, Şekil 4'de görüldüğü gibi birbirine paralel diskler arasından radyal olarak akar. Diskler arasındaki alan tamamen hava ile doludur. Bir

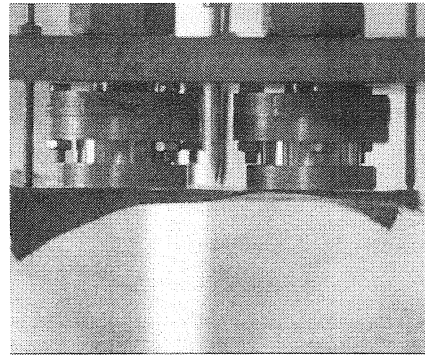
merkezi tüp havanın aşağı doğru akmasına izin verir ve sonra diskler arasından radyal olarak dışa doğru akar.

Tablo 2. Çalışmada kullanılan beş kumaş ile ilgili test sonuçları [11]

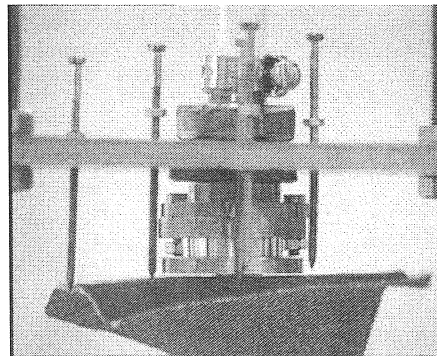
Kumaş no	Tekstil yüzeyinin yapı çeşidi	Atkı sayısı (ad / cm ²)	Çözümlü sayısı (ad / cm ²)	Kalınlık (mm)	Ağırlık (gr)	Hava geçirgenliği ml / (cm ² / s)	Malzemesi
1 no'lu kumaş	Dokuma	17	32	0.85 (20 g/cm ² bas.)	2.98	18	% 100 Pamuk
2 no'lu kumaş	Dokuma	19	44	0.70 (15 g/cm ² bas.)	2.62	6.25	% 100 Pamuk
3 no'lu kumaş	Dokuma	25	42	0.45 (10 g/cm ² bas.)	1.08	11	% 100 Pamuk
4 no'lu kumaş	Dokuma	24	42	0.6 (10 g/cm ² bas.)	2.19	3.75	% 100 Pamuk
5 no'lu kumaş	Dokuma	29	55	0.4 (10 g/cm ² bas.)	1.09	11.75	% 100 Pamuk



Şekil 1. Dörtlü Nozul-1 ile, 1 no'lu kumaşın kaldırılması durumu



Şekil 2. Dörtlü Nozul-II ile, 2 no'lu kumaşın kaldırılması durumu



Şekil 3. Tekli Nozul-III ile, 1 no'lu kumaşın kaldırılması durumu

Disklerin dış tarafı atmosfere açıktır, böylece hava atmosferik çevreye boşaltılmış olur.

İki disk arasındaki boşlukta basıncın dağıtılmasına çalışılması gereklidir. Genelde, viskoz sıkıştırılmış akışın benzer denklemleri, deneysel çalışmalarla yeterli derecede tartışılmıştır. Bununla beraber, bazı çalışma şartları altında (özellikle yüksek basınç ve geniş açıklıklarda) bir basınç-çukur etkisi gözlenilmiştir [14].

Havanın çıktığı ağız kısmın kenarında havanın basıncı düşüktür, bu noktadan sonra basınç yükselir ve sonuçta diskin kenarından atmosferik basınca ulaşır [14, 15].

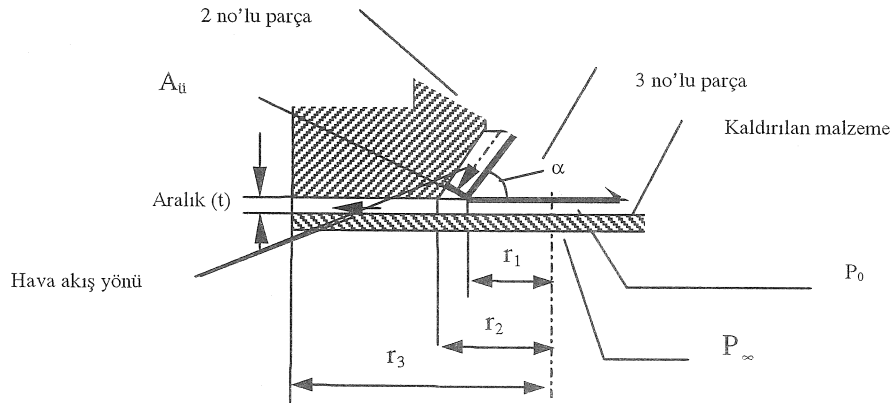
Eğer, basınç ve sıcaklık değişimleriyle yoğunluk çok az değişiyorsa, bu cins akışkanlara sıkıştırılmayan akışkanlar denir. Şayet basınç ve sıcaklık ile yoğunluk çok değişiyorsa, bu cins akışkanlara ise sıkıştırılabilen akışkanlar denir. Sıvılar genel olarak sıkıştırılmayan, gazlar ise sıkıştırılabilen akışkanlardır. Bununla beraber bu tarifler tamamen geçerli olmayıp, sıcaklık veya basıncın limit değişme değerleri sözkonusu edildiğinde, sıvıların yoğunluklarının büyük miktarda değiştiği görülür. Aynı zamanda küçük

basınç ve sıcaklık değişimlerinde gazlar sıkıştırılmayan akış olarak kabul edilebilir ve böyle hallerde yoğunluk değişmesi ihmal edilebilir [16]. Bu çalışmada da ihmal edilmiştir.

Şekil 5'de, nozulun 2 ve 3 no'lu elemanları ile kaldırılan malzeme şematize edilmiştir. Basıncı hava, ($A_{\bar{u}}$) alanından geçtikten sonra kaldırılan malzeme yüzeyine çarparak aralıktan atmosfere akar. Havanın aralıktan geçişi sırasında aralıktaki basınç atmosfer akışkanının hızı nedeniyle atmosfer basıncının altına düşer. Bunun sonucunda aralıktaki vakum oluşarak malzemenin dokunmasız kaldırılma işlemi gerçekleşir.

RADYAL AKIŞIN SAYISAL OLARAK İNCELENMESİ

Nozullardan çıkan havanın kaldırılan malzeme yüzeyinde meydana getirdiği itme ve çekme kuvvetleri ile nozul yüzeyi ve kaldırılan malzeme yüzeyi arasındaki aralığın değişimini ifade eden formüller aşağıdaki kısımda incelenmiştir.



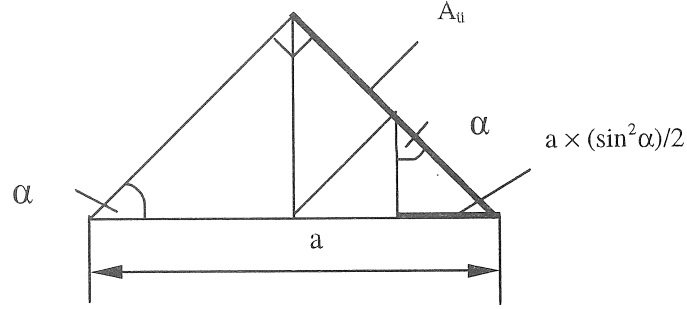
Şekil 4. Dokunmasız nozul sisteminin kısmi kesiti

Şekil 4'deki elemanlar:

- t : Nozul yüzeyi ile kaldırılan malzeme arasındaki aralık,
 $U(r)$: Akışın hızı,
 α : Nozul çarpma yüzeyinin uç açısı,
 r_1 : Nozul çarpma yüzeyinin yarı çapı,
 r_2 : Nozulun açılı yüzeyinin yarı çapı,
 r_3 : Nozulun dış yüzeyinin yarı çapı,
 P_0 : Çarpma yüzeyi ve kaldırılan malzeme arasında bulunan alandaki basınç (Toplam basınç),

- P_{∞} : Atmosfer basıncı,
 P : Statik basınç,
 $A_{\bar{u}}$: Üfleme alanı,
 a : 2 ve 3 no'lu parçalar arasındaki boşluk ($r_2 - r_1$).

Şekil 4'de, 3 no'lu parçadan 2 no'lu parçaya dik bir çizgi çizildiğinde, Şekil 5'deki üçgen oluşur.



Şekil 5. İki ve üç no'lu parçaların yüzeyleri arasındaki mesafenin büyütülmüş şekli

Aşağıda gösterilen formül, şu kabuller yapılarak oluşturulmuştur:

1. Akışkan sıkıştırılmaz,
2. Sürtünme kayıpları ihmal edilmiştir,
3. Nozulun uzağındaki hızın etkileri ihmal edilmiştir,
4. Kesitler, keskin dönüşler de gösterse, akım düzgün kabul edilmiştir,

5. r_1 yarıçaplı bölgede, akımın tamamen durgun olduğu kabul edilmiştir.
6. (t) kalınlığının, r 'den bağımsız olduğu varsayılmıştır.
7. Hız profili lineerdir.
8. μ, c_p, ρ vs. sabittir.

Şekil 4.'de görüldüğü gibi, 3 no'lu parçadan 2 no'lu parçaya dik bir çizgi çizildiğinde arada oluşan alandan geçen akışkanın üfleme alanı ($A_{\bar{u}}$) şöyle hesaplanabilir:

$$A_{\bar{u}} = (r_2 - r_1) \sin \alpha \cdot 2\pi \left[(r_2 - r_1) \frac{\sin^2 \alpha}{2} + r_1 \right] \quad (1)$$

Akışkanın debisi (Q):

$$Q = A_{\bar{u}} U_{\bar{u}} \quad U_{\bar{u}} = \frac{Q}{A_{\bar{u}}} \quad (\text{Süreklilik yasası}) \quad (2)$$

Üfleme kuvveti:

$$\downarrow F_{\bar{u}} = \dot{m} U_{\bar{u}} \sin \alpha = Q \rho U_{\bar{u}} \sin \alpha \quad (\text{Momentum yasası}) \quad (3)$$

şeklinde bulunur.

(1) denklemi, (3)'de gerekli yere koyulursa üfleme kuvveti (F_u):

$$\downarrow F_u = \frac{Q^2 \rho \sin \alpha}{2\pi (r_2 - r_1) \left[(r_2 - r_1) \frac{\sin^2 \alpha}{2} + r_1 \right] \sin \alpha} \quad (4)$$

elde edilir.

Akışkanın herhangi bir (r) istasyonundaki hızı (U):

$$U = \frac{Q}{2\pi r t} \quad (5)$$

Buna göre, toplam basıncı bulmak için, statik basınç ile dinamik basınç toplanırsa:

$$P_0 = P + \frac{1}{2} \rho U^2 = P + \frac{\rho}{2} \frac{Q^2}{4\pi^2 r^2 t^2} = P + \frac{Q^2 \rho}{8\pi^2 r^2 t^2} \quad (6)$$

denklemi elde edilir. Buradan statik basınç çekilirse:

$$P = P_0 - \frac{Q^2 \rho}{8\pi^2 r^2 t^2} \quad (7)$$

elde edilir.

Kaldırılan malzeme üzerinde r_2 - r_3 yarıçapları arasında basınçlı hava tarafından uygulanan statik kuvvet, (7)'deki formülün (8)'de yerine konmasıyla:

$$\downarrow F_{\text{statik}} = \int_{A_2}^{A_3} P dA = \int_{r_2}^{r_3} \left(P_0 - \frac{Q^2 \rho}{8\pi^2 r^2 t^2} \right) 2\pi r dr \quad (8)$$

şeklinde bulunur.

$$\downarrow F_{\text{statik}} = \pi P_0 (r_3^2 - r_2^2) - \frac{Q^2 \rho}{4\pi t^2} \ln \frac{r_3}{r_2} \quad (9)$$

$\frac{F_{\text{statik}P_0}}{\quad} \quad \frac{F_{\text{statik vakum}}}{\quad}$

(r_2) yarıçaplı dairenin üzerindeki basınçtan ileri gelen kuvvet:

$$\downarrow F_{P_0} = \pi r_2^2 P_0 \quad (10)$$

Atmosfer basıncından dolayı oluşan kuvvet:

$$\uparrow F_{p_{\infty}} = \pi r_3^2 p_{\infty} \quad (11)$$

F_{toplam} kuvvet, kaldırılan malzemenin dengede olması için, kaldırılan malzemenin ağırlığına eşittir (W).

$$\uparrow F_{\text{toplam}} = \uparrow F_{p_{\infty}} - \downarrow F_{p_0} - \downarrow F_{\text{statik}} - \downarrow F_{\dot{u}} = W \quad (12)$$

(4), (9), (10) ve (11) denklemler, (12)'de yerlerine koyulursa:

$$W = \left[\pi r_3^2 p_{\infty} \right] - \left[\pi r_2^2 P_0 \right] - \left[\pi P_0 (r_3^2 - r_2^2) - \frac{Q^2 \rho}{4 \pi t^2} \ln \frac{r_3}{r_2} \right] - \left[\frac{Q^2 \rho}{2 \pi (r_2 - r_1) \left[(r_2 - r_1) \frac{\sin^2 \alpha}{2} + r_1 \right]} \right] \quad (13)$$

denklemini elde edilir.

$$W = \underbrace{-\pi r_3^2 (P_0 - P_{\infty})}_{F_{\text{fark}}} + \underbrace{\frac{Q^2 \rho}{4 \pi t^2} \ln \frac{r_3}{r_2}}_{F_{\text{statik vakum}}} - \underbrace{\frac{Q^2 \rho}{2 \pi (r_2 - r_1) \left[(r_2 - r_1) \frac{\sin^2 \alpha}{2} + r_1 \right]}}_{F_{\dot{u}}} \quad (14)$$

(14) no'lu denklemden, (t) aralığı çekilirse:

$$t \equiv \sqrt{\frac{\frac{Q^2 \rho \ln \frac{r_3}{r_2}}{4 \pi}}{W + \frac{Q^2 \rho}{2 \pi (r_2 - r_1) \left[(r_2 - r_1) \frac{\sin^2 \alpha}{2} + r_1 \right]} + \pi r_3^2 (P_0 - P_{\infty})}} \quad (15)$$

denklemini elde edilir.

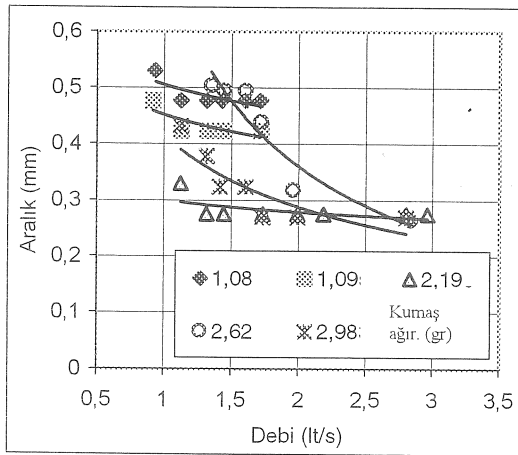
(15) No'lu formüle göre:

1. (Q^2) arttıkça, (W) önemsizleşir,
2. (Q) arttıkça, üfleme kuvveti (F_u) , $(F_{statik, vakum})$ 'dan daha hızlı büyür. Bu nedenle

bu çalışmada bir deney seti için aralık-hava basıncı ilişkisi Şekil 6'daki gibi gerçekleşmiştir. Şekil 6'ya göre, kullanılan havanın basıncı arttıkça nozul yüzeyi ile kumaş yüzeyi arasındaki aralık (t) azalmıştır. Kumaş ağırlıklarının artmasının, oluşan (t) aralığına etkisinin olmadığı görülmüştür. Bu sonuç (15) no'lu formülle uygunluk göstermiştir.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI

Dokunmasız nozul sistemiyle kumaşların kaldırılmasında hava basıncı ile nozul-kumaş aralığı değişimi belirlenmiş ve sonuçlar Şekil 6'da verilmiştir. Şekil 6'da deney sonuçları verilen nozulların 1 no'lu kumaşı kaldırma durumu Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 6. Dörtlü küçük nozul ile aralık-basınç grafiği.

SONUÇ

Bu çalışma sonunda, kumaşların nozul sistemi vasıtasıyla radyal akış kullanılarak dokunmasız olarak kaldırılması işleminin başarılı olduğu görüldü.

Yapılan deneylerde ve sayısal inceleme sonucunda, kaldırma esnasında akışkanın hızının artırılması durumunda nozul yüzeyi ile kumaş yüzeyi arasındaki aralığın azaldığı görüldü. Burada,

akışkanın hızının artmasının aralıktaki basıncın daha da azalarak vakum kuvvetinin artmasına ve aralığın azalmasına neden olduğu görüldü.

Nozul çaplarının ve sayılarının artması kumaşların kaldırılmasında olumlu sonuçlar verdi. Başarılı bir kaldırma için, kumaşların esneklikleri arttıkça nozulların kumaşların üzerinde kapladıkları alanların da artması gerektiği gözlemlendi. 1 no'lu kumaş (Kot kumaş) gibi kalın kumaşların tekli nozul (Şekil 3.) ile de kaldırılabilirdiği gözlemlendi. Fakat, kaldırma işleminin güvenilirliği açısından nozulların kaldıracağı kumaş yüzeyinin yaklaşık olarak %15 (Şekil 1.) - % 35 (Şekil 2.) oranında kaplamaları olumlu neticeler vermiştir.

Bu yöntemde kullanılan araç-gereç ve akışkan olarak kullanılan hava düşük maliyetlerle elde edilebildiği için sistemin maliyeti ucuzdur.

Bu çalışma sonunda, kumaşların kaldırılmasında kullanılan tüm yöntemlerin birbirleriyle karşılaştırılması yapılarak Türkiye sanayisinde büyük bir paya sahip olan tekstil sektörünün otomasyonuna yönelik bir yaklaşım getirilmiş oldu.

THE COMPARISON OF THE END EFFECTORS USED IN THE HANDLING OF FABRICS AND THE INTRODUCTION OF THE SYSTEM

After the stack fabric are cut with the automatic cutting systems, it is needed to handle them one by one through the end effectors and take them to the processing place. Here the problem stems from handling of the fabrics one by one from top of a stack. In this study, an application directed to handling of fabrics from top of a stack using radial outside flow through a nozzle system and the works done before on this topic are compared. The formula expressing the distance that is formed with push and pull forces in the handled material's surface with radial flow is explained.

Keywords: End-Effector, Gripper, Handling of Fabric, Robot, Non-Rigid.

KAYNAKÇA

1. Brown, D., and El Maraghy, H.A., Design and Implementation of A Computer-Controlled Sensor-Equipped Robot End Effector, *Computers in Industry*, 11, pp. 119-133, 1988.
2. Pham, D.T., and Yeo, S.H., A Knowledge-Based System for Robot Gripper Selection: Criteria for Choosing Grippers and Surfaces for Gripping, *Int.*

- J. Mach. Tools Manufact.*, Vol. 28, No. 28, pp.301-313, 1988.
3. Pham, D.T., and Yeo, S.H., Strategies for Gripper Design and Selection in Robotic Assembly, *Int. J. Prod. Res.*, Vol. 29, No.2, pp. 303-316, 1991.
 4. Heilala, J., Ropponen, T., and Airila, M., Mechatronic Design for Industrial Grippers, *Mechatronics*, Vol. 2, No. 3, pp. 239-255, 1992.
 5. Tella, R., Birk, J.R., and Kelley, R.B., General Purpose Hands for Bin- Picking Robots, *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics*, Vol. SMC-12, No. 16, 1982.
 6. Pham, D.T., and Tacgin, E., Grippex: A Hybrid Expert System for Selecting Robot Gripper Types, *Int. J. Mach. Tools Man.*, Vol. 32, No. 3, pp. 349-360, 1992.
 7. Karakereziş, A., Ippolito, M., Doulgery, Z., Rızzi, K., and Petridis, V., A Flexible Gripping System for Handling Irregular Flat Non Rigid Materials, *Proceedings of EURISCON'94, European Robotics and Intelligent Systems Conference*, Vol. 3, pp. 1365-1378, Malaga, Spain, 22-25 August, 1994.
 8. Taylor, P.M., Presentation and Gripping of Flexible Materials, *Assembly Automation*, Vol. 15 No. 3, pp.33-35, 1995.
 9. Taylor, P.M., Wilkinson, A.J., Gibson, I., Palmer, G.S., and Gunner, M.B., The automation of complex fabric handling tasks requiring out of plane manipulation, *IEEE-91 icar, 5th int. Conf. On advanced robotics in unstructure envir.*, pp. 775-780, 1991.
 10. Erzincanlı, F., A Non-Contact End Effector for Robotic Handling of Non-Rigid Materials, *Ph.D. Thesis*, University of Salford, Salford, 1995.
 11. Özçelik, B., Dokunmasız Robot Eliyle Kumaşların Kaldırılması, *Doktora Tezi*, SAU, Sakarya, 1999.
 12. Asawa, G.L., Pande, P.K., ve Godbole, P.N., Radial Turbulent Flow Between Parallel Plates, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 111/4, pp:695-712, 1985.
 13. Dore, A.M., He, D., Erzincanlı, F., and SHARP, J.M., Linear drive manipulators and non-contact gripping, *Proceedings of EURISCON'94, European Robotics and Intelligent Systems Conference*, Vol. 2, pp. 543-548, Malaga, Spain, 22-25 August, 1994.
 14. Mori, H., A Theoretical Investigation of Pressure Depression in Externally Pressurised Gasi Lubricated Circular Thrust Bearings, *J. of Basic Eng.*, pp: 201-208, June, 1961.
 15. Asawa, G.L., Pande, P.K., ve Godbole, P.N., Radial Turbulent Flow Between Parallel Plates, *Journal of Hydraulic Engineering*, Vol. 111/4, pp:695-712, 1985.
 16. Gülbaran, Emir, Ünit Operasyonları, *McCabe-Smith'den çeviri*, Matbaa Teknisyenleri Koll. Şti., Ankara, 1981.